

电子产品设计原理 与应用

曹白杨 主编 王 晓 副主编

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电子产品设计原理与应用

曹白杨 主 编

王 晓 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以电子工艺与管理类学科面向 21 世纪课程体系和课程内容的改革为目的,以强化学生的创新精神和实践能力为出发点,针对应用型本科及高职高专教学的特点编写而成,主要包括电子设备设计概述、电子设备的热设计、电子设备的电磁兼容设计、电子设备的结构设计和电子设备的工程设计,在内容上力求做到结合新颖而详尽的设计实例,深入浅出,信息量大,注重实践,使未接受过电子产品设计的电子类专业学生和工程技术人员在使用本书后能迅速进入该领域,掌握从事电子产品设计工作所必备的基本能力和技能。

本书适用面广,既可作为本科生的教材,也适合作为高职高专学生、非电子信息工程类学科研究生及工程技术人员技术的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品设计原理与应用 / 曹白杨主编. —北京:电子工业出版社, 2010.1
ISBN 978-7-121-09936-6

I. 电… II. 曹… III. 电子产品—设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 214205 号

责任编辑:宋 梅

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:352 千字

印 次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书是根据电子工艺与管理专业的培养目标和“电子组装工艺与设计”课程的教学大纲要求编写的。电子工艺与管理专业的培养目标是培养德、智、体、美全面发展的，服务于生产、管理第一线需要的，在电子产品制造领域从事工艺设计、结构设计、装配与调试，以及生产过程管理等方面工作的高级技术应用性人才。

电子技术发展迅猛，电子工业生产中的新技术、新工艺不断涌现，促进了整个产业的大发展。计算机的广泛应用，CAD，CAPP 与 CAM 集成系统的完善，进一步推动了电子工业产业的技术革命。进入 20 世纪 90 年代，各国开始实施大力发展信息产业的战略方针，电子工业的产业结构也有了巨大变化和发展。这些变化主要表现在：各类电子器件和生产技术之间相互渗透，生产日趋规模化和自动化；集成电路的发展，器件、电路和系统之间的密切结合，电子产品制造业与信息产业界限日益模糊；电子技术与计算机应用技术日益紧密结合，电子工业已从单一的制造业过渡到电子信息产业。电子设备及各类电子产品正是随着电子工业发展而孕生，随着电子技术、信息技术与计算机应用技术的发展而发展。

为适应电子技术的发展和电子工艺与管理专业教学的需要，本书根据教学大纲并结合课程教学的实际情况编写而成，全书共 5 章，主要内容有：电子设备设计概述、电子设备的热设计、电子设备的电磁兼容设计、电子设备的结构设计和电子设备的工程设计。

本书的第 1 章由曹白杨和王晓编写，第 2 章由孙燕、关晓丹和杨虹蓁编写，第 3 章由王晓、孙燕和梁万雷编写，第 4 章由曹白杨、孙燕、梁万雷和刘健编写，第 5 章由曹白杨、杨虹蓁和曹新宇编写。全书由曹白杨负责统稿，李国洪教授担任本书的主审。

由于时间仓促，水平有限，书中一定还存在不少问题，为了不断提高教材质量，我们热切地希望读者批评指正。

编著者

2009 年 8 月

目 录

第 1 章 电子设备设计概述	1
1.1 绪论	1
1.2 电子设备结构设计的内容	2
1.3 电子设备的设计与生产过程	4
1.3.1 电子设备设计制造的依据	4
1.3.2 电子设备设计制造的任务	4
1.3.3 整机制造的内容和顺序	6
1.4 电子设备的工作环境	7
1.5 温度、湿度和霉菌因素影响	10
1.5.1 温度对元器件的影响	10
1.5.2 湿度对整机的影响	11
1.5.3 霉菌对整机的影响	12
1.6 电磁噪声因素影响	13
1.6.1 噪声系统	13
1.6.2 噪声分析	14
1.7 机械因素影响	16
1.7.1 机械因素	16
1.7.2 机械因素的危害	17
1.8 提高电子产品可靠性的方法	18
第 2 章 电子设备的热设计	19
2.1 电子设备的热设计基本原则	19
2.1.1 电子设备的热设计分类	19
2.1.2 电子设备的热设计基本原则	20
2.1.3 电子设备冷却方法的选择	21
2.2 传热过程概述	21
2.2.1 导热过程	22
2.2.2 对流换热	23
2.2.3 辐射换热	23
2.2.4 传热过程	24
2.2.5 接触热阻	25
2.3 一维稳态导热	26
2.3.1 傅里叶定律	26
2.3.2 通过平板的一维稳态导热	27
2.3.3 通过多层平板的稳态导热	28
2.3.4 通过圆筒壁的稳态导热	29

2.4	对流换热	30
2.4.1	对流换热的基本概念和牛顿公式	31
2.4.2	边界层概述	33
2.4.3	相似理论概述	36
2.4.4	对流换热情况下的准则方程式	44
2.5	辐射换热	45
2.5.1	热辐射的基本概念	45
2.5.2	热力学基本定律	47
2.5.3	太阳辐射热的计算	50
2.6	传热过程	51
2.6.1	复合换热	51
2.6.2	传热	52
2.6.3	传热的增强	54
2.6.4	传热的减弱	56
2.7	电子产品的自然散热	57
2.7.1	电子产品机壳的热分析	57
2.7.2	电子设备内部元器件的散热	59
2.7.3	功率器件散热器的设计计算	62
2.8	强迫风冷系统设计	67
2.8.1	强迫风冷系统的设计原则	67
2.8.2	强迫风冷却的通风机(风扇)选择	71
2.9	电子设备的其他冷却方法	75
2.9.1	半导体致冷	75
2.9.2	热管	76
第3章	电子设备的电磁兼容设计	80
3.1	电磁兼容设计概述	80
3.1.1	电磁兼容设计的目的	80
3.1.2	电磁兼容设计的基本内容	81
3.1.3	电磁兼容设计的方法	83
3.2	电磁干扰的抑制技术	83
3.2.1	电磁兼容的基本概念	83
3.2.2	电磁环境	84
3.2.3	噪声干扰的方式	85
3.2.4	噪声干扰的传播途径	86
3.2.5	电磁干扰的抑制技术	92
3.2.6	典型电磁兼容性问题的解决	94
3.3	屏蔽技术	95
3.3.1	电场屏蔽	96
3.3.2	低频磁场的屏蔽	98
3.3.3	电磁场屏蔽(高频磁场屏蔽)	99

3.3.4	孔缝屏蔽	102
3.4	接地技术	104
3.4.1	接地	105
3.4.2	安全接地	106
3.4.3	信号接地	108
3.4.4	地线中的干扰和抑制	111
3.4.5	地线系统的设计步骤及设计要点	113
3.5	滤波技术	114
3.5.1	电磁干扰滤波器	114
3.5.2	滤波器的分类	116
3.5.3	电源线滤波器	119
3.6	印制电路板的电磁兼容设计	120
3.6.1	单面板和双面板	121
3.6.2	几种地线的分析	123
3.6.3	多层板	124
第 4 章	电子设备的结构设计	129
4.1	产品设计概论	129
4.1.1	产品设计基本概念	129
4.1.2	产品设计基本内容	131
4.1.3	产品设计程序与方法	135
4.2	机箱概述	138
4.2.1	机箱结构设计的基本要求	138
4.2.2	机箱(机壳)的组成和基本类型	139
4.2.3	机箱(机壳)设计的基本步骤	140
4.3	机壳、机箱结构	141
4.3.1	机壳的分类	141
4.3.2	机箱(插箱)的分类	143
4.4	底座与面板	146
4.4.1	底座	146
4.4.2	面板的结构设计	156
4.4.3	元件及印制板在底座上的安装固定	159
4.5	机箱标准化	162
4.5.1	概述	162
4.5.2	积木化结构	163
第 5 章	电子设备的工程设计	165
5.1	机械防护	165
5.1.1	机械环境	165
5.1.2	系统的振动分析	166
5.1.3	减振与缓冲的基本原理	171
5.1.4	隔振和缓冲设计	172

5.1.5	隔振和缓冲的结构设计	178
5.2	电子设备的气候防护	180
5.2.1	腐蚀效应	180
5.2.2	潮湿侵蚀及其防护	183
5.2.3	霉菌及其防护	184
5.2.4	灰尘的防护	186
5.2.5	材料老化及其防护	186
5.2.6	金属腐蚀及其防护	188
5.3	人—机工程在电子设备设计中的应用	191
5.3.1	人—机工程概述	191
5.3.2	人—机工程在产品中的应用	193
5.4	造型与色彩在电子设备设计中的应用	199
5.4.1	造型基本概念	199
5.4.2	美学与造型	200
5.4.3	色彩的设计	203
5.5	电子设备的使用和生产要求	207
5.5.1	对电子设备的使用要求	207
5.5.2	电子设备的生产要求	209
参考文献		211

第1章 电子设备设计概述

电子技术发展迅猛，电子工业生产中的新技术、新工艺不断涌现，促进了整个产业的大发展。计算机的广泛应用，CAD/CAM 集成系统的完善，进一步推动了电子工业产业的技术革命。进入 20 世纪 90 年代，各国开始实施大力发展信息产业的战略方针，电子工业的产业结构也有了巨大变化和发展。这些变化主要表现在：各类电子器件和生产技术之间相互渗透，生产日趋规模化和自动化；集成电路的发展，器件、电路和系统之间的密切结合，电子产品制造业与信息产业界限日益模糊；电子技术与计算机应用技术日益紧密结合，电子工业已从单一的制造业过渡到电子信息产业。电子设备及各类电子产品正是随着电子工业发展孕育而生，随着电子技术、信息技术与计算机应用技术的发展而发展。

1.1 绪 论

所谓电子设备，是指利用电子学原理制成的设备、装置、仪器仪表和专用生产设备等；利用电工学原理制成的设备、装置和专用生产设备等称为电工设备或电气设备；有时也把电子设备和电工电气设备统称为电子产品（以下简称为产品）。

随着电子技术的发展，电子产品正广泛应用于人类生活的各个领域。电子产品的生产与发展是与电子技术的发展密切相关的。新材料的使用，新器件的出现，尤其是大规模和超大规模集成电路的出现和推广应用，以及工艺手段的不断革新，使电子产品在电路上和结构上都产生了巨大的飞跃。以视听产品为例，在近十几年来，电子技术领域出现的数字技术、卫星技术、光纤与激光技术以及信息处理技术等新技术，已经迅速地应用在电子工业生产中，使新一代视听电子产品的面貌为之一新，成为家庭和个人从社会取得各种信息的终端产品。这些产品技术精良，功能齐全，造型优美，使用方便，其部件正朝着高指标、多功能、小型化、低成本等方向发展。

电子产品按用途可分为民用电子产品、工业用电子产品和军用电子产品。

① 民用电子产品又可分为通信类，如电话交换机和移动电话等；计算机类，如个人计算机、打印机和显示器等；家用电器类，如电视机、VCD、DVD、洗衣机和微波炉等。

② 工业用电子产品又可分为通用仪器仪表，如示波器、信号发生器、万用表和电子测量仪器等；专用设备，如再流焊机、波峰焊机、贴片机、半导体加工设备和印制电路板制造设备等；工具类，如 AOI 在线检测设备和 X 光焊点检测设备等。

③ 军用电子产品如雷达和野战通信系统等。

电子产品按产生、变换、传输和接收电磁信号的不同，还可分为模拟产品和数字产品。现代电子产品就其功能及用途而言，大致上可以分为：

① 广播通信类——如广播、电视产品，各种有线及无线通信产品等。

② 信息处理类——如各种类型的电子计算机及其外围产品和控制设备等。

③ 电子应用类——如各种电子检测设备、雷达设备、医用电子产品及激光应用产品等。

电子产品从电子装联技术与工艺的特点考虑,可将其划分为以下几个阶段:

① 电子管技术——代表元器件是长、粗引线的元件和电子管,其电子装联方法是手工接装和手工焊接。

② 晶体管技术——代表元器件是轴向引线和晶体管,电子装联方法是半自动插装和手工浸焊。

③ 单、双列直插集成电路技术——代表元器件是径向引线,单、双列直插集成电路,电子装联方法是自动插装、浸焊和波峰焊。

④ 表面安装技术——代表元器件是无引线(含短粗引线)的片式元件(SMC)和片式器件(SMD),电子装联方法是表面安装技术及波峰焊、再流焊和载带自动焊。

⑤ 微组件技术——代表元器件是三维微型组件、甚大规模集成电路(VLSIC)、超大规模集成电路(ULSIC)和超高速集成电路(UHSIC),电子装联方法是自动表面安装、多层混合组装和裸芯片组装。

电子科学理论的发展和工艺技术的提高,使新产品、新装备层出不穷,使电子产品向智能化、微型化、集成化和声表面波化方向发展。作为电子产品基础的各种电子元件则由大、重、厚,向小、轻、薄方向发展,电子设备的结构设计也遇到了前所未有的挑战,电子产品的微型化和集成化使得电子产品本身的结构设计、防护设计、热设计、电磁兼容性设计和连接设计等显得极为重要。

1.2 电子设备结构设计的内容

电子设备的设计通常包括线路设计和结构设计。线路设计是根据产品的性能要求和技术条件,确定设计方案,初定方框图和电路图,在此基础上进行必要的计算和试验,最终确定线路图并选定元器件及其参数。电子设备的结构设计是根据线路设计提供的资料和数据并考虑电子设备的性能要求和技术条件等,合理地布置元器件,使之组成部件或电路单元,同时还要与其他单元连接起来,进行机械设计和防护设计等,最后组成一台完整的产品,给出全部工作图纸。

目前,电子设备的结构设计包括以下几个方面内容。

(1) 整机组装结构设计(总体设计)

根据产品的技术要求和使用的环境条件,整机组装结构设计的内容如下所述。

① 环境防护设计:包括元器件、组件及整机的热设计;防腐、防潮和防霉设计;振动与冲击隔离设计及屏蔽与接地设计等。

② 结构件设计:包括机柜、机箱(或插入单元)、机壳、机架、底座、面板、把手、锁定装置及其他附件的设计。

③ 机械传动装置设计:根据信号的传递或控制过程中,对某些参数(电或机械)的调节和控制所必需的各种机械传动组件或执行元件进行设计。

④ 总体布局:在完成上述各方面的设计之后,合理地安排结构布局,相互之间的连接形式以及结构尺寸的确定等。

(2) 热设计

产品的热设计是指对电子元器件、组件以及整机的温升控制,尤其是对于高密度组装

的产品,更应注意其热耗的排除。温升控制的方法包括自然空冷、强迫空冷、强迫液冷、蒸发冷却、温差电制冷和热管传热等各种形式。

(3) 电磁兼容性设计

产品中的数据处理和传输系统的自动化要求各系统有良好的抗干扰能力。因此,应进行电磁屏蔽与接地等设计,以提高产品对电磁环境的适应性。其措施包括噪声源的抑制、消除噪声的耦合通道和抑制接收系统的噪声等。

(4) 防腐设计

严酷的气候条件会引起电子设备中金属和非金属材料发生腐蚀、老化、霉烂和性能显著下降等各种现象。因此,应根据产品所处环境条件的性质和影响因素的种类和作用强度的大小来确定相应的防护措施,设计合理的防护结构,选择耐腐蚀材料,应用新的抗腐蚀方法。

(5) 机械传动装置设计

产品在完成信号的产生、放大、变换、发送、接收、显示和控制的过程中,必须对各种参数(电的或机械的)进行调节和控制。因此,需要设计相应的机械传动装置或执行元件来完成这个功能。这里除了常规的机械传动装置设计外,主要是与电性能密切相关的转动惯量、传动精度、刚度和摩擦等问题的设计。

(6) 结构的静力与动力计算

对于运载工具中使用或处于运输过程中的电子产品,则要求有隔振与缓冲措施,以克服由于机械力引起的材料疲劳应力和结构谐振而对电性能的影响。对于薄壁和型材的机柜(机壳)结构,则还要考虑结构的强度、刚度和稳定性问题。

(7) 连接设计

产品中存在着大量的固定、半固定以及活动的电气接点,实践证明,这些接点的接触可靠性对整机或系统的可靠性有很大的影响。因此,必须正确地设计和选用固定连接的工艺,如钎焊、压接和熔接等。同时,还应注意对各种接插件和开关件等这些活动连接件的选用。

(8) 人机工程学在结构设计中的应用

产品既要满足电性能指标的要求,又要使产品的操作者感到方便、灵活和安全,同时外形必须美观大方。这样就要求用人机工程学的基本原理来考虑人与产品的相互关系,设计出符合人的生理和心理特点的结构,更好地发挥人和机器的效能。

(9) 造型与色彩的设计

产品的造型具有实用功能和使用功能,而电子产品的色彩可以给人以美的享受。优秀的造型与色彩设计既可以节省物力和财力,又可以获得最大的经济效益。

(10) 可靠性试验

根据技术条件要求和产品的特殊用途,有时要对模拟产品和试制产品进行可靠性试验或人工环境试验,分析试验的结果,验证设计的正确性和可靠性指标。

由此可见,电子设备的结构设计包含着相当广泛的技术内容,它是一门边缘学科,包括有力学、机械学、化学、电子学、热学、光学、工程心理学和环境科学等多门基础学科的

综合应用。本教材不可能对上述的各个方面进行全面阐述,而只能重点地介绍有关设计的部分重要内容。

1.3 电子设备的设计与生产过程

电子设备的寿命周期可分为 4 个阶段:构思与初步设想、设计与研制、制造与生产及运行与维修。由前 3 个阶段可体现出产品的制造费用和用户的购置费用,最后 1 个阶段则体现了产品的使用价值,即产品的使用效果和使用期。用户的要求是以最低的购置费用在尽可能长的时间内得到可靠的使用效果,产品设计制造者的目标应是最大限度地满足用户的要求,达到产品的性能指标,并符合其使用条件。

1.3.1 电子设备设计制造的依据

(1) 产品的性能指标

产品性能指标包括电性能指标和机械性能指标,前者主要有电信号幅度的标量(如灵敏度和输出功率等)、电信号频率的标量(如频率的精度和准确度和稳定度等)和电信号的波形标量(如调制度、非线性失真和噪声抑制等);后者主要有各类移动、旋动及传动的精度(如随动系统的跟踪度、定位系统的精度和细度等)及其结构强度。此外,不同产品尚有一些特殊的性能指标及运输和储存条件。

(2) 产品的环境条件

产品的环境条件主要指气候条件、机械作用力条件、化学物理条件(如金属的腐蚀、非金属的老化、酸碱粉尘、盐雾侵蚀及生物霉菌等)和电磁污染条件(各种干扰信号的侵入和辐射)。

(3) 产品的使用要求

产品的使用要求主要包括对产品体积、重量、操作控制和维护的要求。

(4) 产品可靠性和寿命要求

产品可靠性和寿命要求主要包括产品的无故障工作时间长,承受过负荷的能力强。

(5) 产品制造的工艺性和经济性要求

产品制造的工艺性和经济性要求既易于组织生产又造价低廉。设计应根据产品的用途性质(军用、民用、高可靠性及一般可靠性)、使用场合和产品自身的级别,参照国内、外同类型先进产品型号,进行设计方案的论证;应致力于性能价格比的提高,不要盲目追求高性能和高精度指标,使得制造工艺复杂,成本增高。

1.3.2 电子设备设计制造的任务

1. 预研究阶段

预研究工作的任务是在产品设计前突破复杂的关键技术课题,为确定设计任务书、选择最佳设计方案创造条件;或根据电子技术发展的新趋向,寻求把近代科学技术的成果应用于产品设计的途径,有计划地研究新结构、新工艺和新理论,以及采用新材料和新器件等先

行性技术课题,为不断在产品设计中采用新技术,创造出更高水平的新产品奠定基础。该阶段的工作,一般按拟定研究方案和试验研究两道程序进行。

(1) 拟定研究方案

拟定研究方案是为了明确目的,确定研究工作方向和途径,其主要工作内容有:① 搜集国内、外有关技术文献、情报资料,必要时调查研究实际使用中的技术要求;② 编制研究任务书,拟定研究方案,提出专题研究课题,明确其主要技术要求;③ 审查、批准研究任务书和研究方案。

(2) 试验研究

试验研究是为了通过研究探索工作解决关键技术课题,得出准确数据和结论。在试验研究中,应善于利用现有的技术基础进行新的科学试验,善于利用模拟或代用的方法取得试验数据。主要内容有:① 对已确定各专项研究课题进行理论分析和计算,探讨解决的途径,减少盲目性;② 设计和制造试验研究需要的零件、部件、整件及必要的专用设备和仪器;③ 展开试验研究工作,详细观察、记录和分析试验的过程与结果,掌握第一手资料。④ 整理试验研究的各种原始记录,进行全面分析,编写预先研究工作报告。

当预研究工作结束时,应达到的目标是:出具整理成册的各种试验数据记录、各项专题的试验研究报告等原始资料,以及预研究报告书。

2. 设计性试制阶段

凡自行设计或测绘试制的产品,一般都要经过设计性试制阶段。其任务是根据批准的设计任务书,进行产品设计,编制产品设计文件和必要的工艺文件,制造样机,并通过对样机全面试验,检查鉴定产品的性能,从而肯定产品设计与关键工艺。一般工作程序如下所述。

(1) 论证产品设计方案,下达设计任务书

其主要工作内容有:① 搜集国内、外有关产品的设计、试制、生产的情报资料及样品;② 调研使用的需要情况及实际使用中的技术要求和经验,确定试制产品目标;③ 会同使用部门编制设计任务书草案,提出产品设计方案,论证主要技术指标,批准下达设计任务书。

(2) 进行初步设计和理论计算

其主要工作内容有:① 进行理论计算,按计算结果,对产品或整个体系的各个部分合理分配参数;② 通过必要的试验,进一步落实设计方案,提出线路、结构及工艺技术关键的解决方案;③ 编制初步设计文件;④ 对需用的人力、物力进行概算。

(3) 进行技术设计

技术设计的主要工作有:① 根据对技术指标的修正意见,进一步调整分配产品的部分参数;② 拟定标准化综合要求;③ 编制技术设计文件;④ 对结构设计进行工艺性审查,制定工艺方案。

(4) 进行样机制造

样机制造的主要工作有:① 编制产品设计工作图纸与必要的工艺文件;② 设计制造必要的工艺装置和专用设备;③ 通过试验掌握关键工艺和新工艺;④ 制造零部件、整件与

样机；⑤ 对样机进行调整，进行性能试验和环境试验，对是否可提交现场试验做结论。

（5）现场试验与鉴定

主要工作有：① 现场试验检查产品是否符合设计任务书规定的主要性能指标与使用要求，通过试验编写技术说明书；② 组织鉴定，对能否设计定型作出结论。

（6）设计性试制结束时应达到的条件

设计性试制工作结束时，应达到下列条件：① 具备产品设计方案的设计报告、初步设计文件和技术设计文件；② 具备产品设计工作图纸及技术条件；③ 具备产品工艺方案及必要的工艺文件；④ 具备整理成册的各种试验的原始资料、试验方法与规程；⑤ 具备必要的专用工艺装置、设备及其设计图纸；⑥ 具备结构的工艺性审查报告、标准化审查报告及产品的技术经济分析报告；⑦ 具备一定数量的样机及现场试验报告；⑧ 具备产品需要的原材料、协作配套件及外购件汇总表。

3. 生产性试制阶段

（1）主要内容

生产性试制主要内容有：① 修改产品设计文件，修改与补充生产工艺文件；② 培训人员，调整工艺装置，组织生产线，补充设计制造工艺装置和专用设备；③ 按照设计文件和工艺文件，使用工艺装置和专用设备制造零件并进行装配和调试，考查各种文件及装置的适用性及合理性；④ 做好原始记录，统计分析各种技术定额；⑤ 拟定正式生产时的工时及材料消耗定额，计算产品劳动量及成本。

（2）生产性试制工作结束应达到的条件

生产性试制结束应达到下列条件：① 具备修改过的产品设计文件及工艺文件；② 具备满足成批生产需要的工艺装置、专用设备及其设计图纸；③ 根据需要，选定标准样机与样件；④ 初步确定成批生产时的流水线和劳动组织；⑤ 具有符合技术条件的小批量生产产品，提出产品成本概算。

4. 产品的鉴定与定型

鉴定的目的在于对一个阶段工作作出全面的评价和结论。在审查时，一般应邀请使用部门、研究设计单位和有关单位的代表参加。重要产品的鉴定结论应报上级机关批准。

① 申请设计定型的产品其主要性能稳定，经现场试验（或试用）符合设计指标和使用要求，主要配套产品和主要原料可在国内解决，具备了规定的产品设计文件和技术条件；

② 申请生产定型的标准是具备生产条件，生产工艺经过中、小批量考验，生产的产品性能稳定，产品经试验后符合技术条件，具备生产与验收的各种技术文件。

1.3.3 整机制造的内容和顺序

（1）原材料和元器件检验

理化分析和例行试验工厂为保证产品质量，对进厂的原材料、辅助材料和外购元器件都要进行入厂质量检验。例如，原材料的理化分析，关键（或主要）元器件的例行试验。这些工作由检验部门根据供应部门提供的元器件和原材料进行。

(2) 主要元器件的老化

筛选是剔除早期失效的元器件和提高元器件的上机率,对主要元器件(特别是半导体器件)应进行老化筛选,其主要内容有高低温冲击、高温储存及带电负荷等。

(3) 零件部制造

电子整机所用的零件分通用零件(包括标准零件)和专用零件两种。一般通用零件和标准零件都是外购,专用零件则由本厂自制。民用电子产品的专用零件数量不多,而军用和专用电子产品的专用零件数量较多。因此,整机厂都具有一定的机械加工设备和技术力量,特别是模具制造力量。

(4) 通用工艺处理

它包括对已制造好的零件、机箱、机架、机柜、外壳、印制板、旋钮和度盘等,进行电镀、油漆、丝网漏印、化学处理及热处理加工,以便提高这些零件的耐腐蚀性,并增强外观的装饰性。

(5) 组件装校

一般专用组件的装校都由专业车间进行,也可由总装车间承担。无论采取哪种方式,其目的都是使组件具有完整的独立功能。组件装配完毕之后,须对其进行调整和测试,以求得性能达标。

(6) 总装

总装包括总装前的准备、总装流水、调试、负荷试验和检验包装。

① 准备加工在流水线生产和调试以前进行。先将各种原材料和元器件等进行加工处理的工作称为预加工(装配准备)。某些不便在流水线上操作的器件,由于事先做了预加工也可减少在流水线上安排的困难。典型的预加工包括导线的剪切、剥头及浸锡,元器件引脚的剪切、浸锡及预成形、插头座连接、线扎的制作、标记打印、高频电缆,以及金属隔离线的加工等。

② 总装流水整机总装是在装配车间(亦称总装车间)完成的。总装应包括电气装配和结构安装两大部分,而电子产品则是以电气装配为主导、以其印制电路板组件为中心而进行焊接和装配。流水作业操作是目前电子产品总装的主要形式。由于采用传送板或传送带顺序移动加工产品,极大地提高了劳动效率。

③ 一般在产品总装完成后都要进行调试和负荷试验,调试和负荷的时间和方式根据产品而定。

④ 根据技术条件和使用要求,在总装完成后必须进行检验和必要的例行试验,将完全符合标准的产品再包装和入库。

1.4 电子设备的工作环境

电子设备的应用领域十分广泛,储存、运输和工作过程中所处的环境条件是复杂而多变的,除了自然环境以外,影响产品的因素还包括气候、机械、辐射、生物和人员条件。制订设备的环境要求,必须以它实际可能遇到的各种环境及工作条件作为依据。例如,温度和湿度的要求由设备使用地区的气候和季节情况决定;振动和冲击等方面的要求与设备可能承

受的机械强度及运输条件有关；还要考虑有无化学气体、盐雾和灰尘等特殊要求。

电子设备所处的环境，大体上可分为使用环境、自然环境和特殊使用环境 3 大类。

在使用环境中，电子设备主要受到的影响因素有：腐蚀性介质（如二氧化硫、二氧化碳、工业排放液体和腐蚀性粉尘等）；高低温因素（如冶炼厂的工业高温和冷冻厂的工业低温等）；高低压因素（如各类液体和气体输送管道等）；固体颗粒粉尘（如磨损性粉尘、导电性粉尘和可燃性粉尘等）。由于电子设备用途广泛和运输工具的不同，其使用环境相当复杂，其中包括一般室内环境、一般室外环境、恶劣的工业环境、地面车辆环境、水域舰船环境、地下坑道环境、空间飞行环境和原子辐射环境等。

在自然环境中，设备主要受到下面一些因素影响：温度（高温、低温和交变温度等）、湿度、气压（高气压和低气压）、辐射（太阳辐射和放射性物质辐射）、风沙、降水（如降雨、雪、霜、露、雹和浸水等）、盐雾和生物等因素。

在特殊使用环境中设备主要受到下面一些因素影响：飞机的飞行与作战状态；坦克的行驶与作战状态；地面电子设备运输及野战工作状态；沙漠地区；丛林地区；水下航行的舰艇；宇宙飞行器航行的环境等。

必须指出，在对环境影响因素进行分析时，既要考虑一般的情况，又要确定主要影响因素。例如，温度的影响，有夏季野外作业持续性的高温作用、冬季或高寒野外作业持续性低温作用、有瞬态高温或低温的作用（热冲击）及周期性变化温度的作用等，这些都要进行具体的分析。在对客观因素进行估计时，应考虑各个作用因素的强度、作用时间及重复次数等。所以，在产品设计中，选择电子设备的允许最高温度时，既要考虑一般的自然条件（自然环境），又要考虑使用条件（使用环境），确定其主要影响因素，根据自然环境和环境中各个因素可能出现的最恶劣情况进行结构设计，以保证产品在受到多种环境因素的长期综合作用下，仍能稳定而可靠地工作，所采取的防护措施是安全、可靠的。

我国疆域辽阔，南北跨越的纬度近 50 度，大部分在温带和亚热带，小部分在热带。根据我国地理位置分布，产品的气候条件分为热带、亚热带、温带和亚寒带 4 个气候带及湿热区、亚湿热区、亚干热区、高原区、温和区和干燥区 6 个气候区。

在实际环境中，各种环境因素（高温、湿度、盐雾、太阳辐射、霉化冲击振动和沙尘等）不是单一的，至少是两种或两种以上环境因素同时出现的。

电子设备重要的失效原因是各种环境因素造成的腐蚀。潮湿、高温、盐雾、电化学反应及各种污染性杂质等都可能造成腐蚀。腐蚀的速率决定于这些环境因素的强弱。例如，相对湿度大于 60% 常常可以引起材料腐蚀速率的显著增加。热应力可能使材料发生裂缝，污染性杂质乘虚而入。环境因素对电子电气元器件和材料的主要影响如表 1-1 所示。

表 1-1 环境因素对电子电气元器件和材料的主要影响

气候条件	影 响	结 果
高温	材料软化	结构的强度减弱
	化学分解和老化	元件材料电性能变化，甚至损坏
	设备过热	元件损坏、着火、低熔点焊锡缝开裂或焊点脱开
	润滑油黏度降低	轴承损坏
	金属膨胀不同	活动部分卡住、紧固装置出现松动和接触不良
	金属氧化加速	接地接触电阻增大，金属材料表面电阻增大

续表

气候条件	影 响	结 果
低温	材料变脆 润滑油脂黏度增大 材料收缩不同 元件的性能变化 密封橡胶硬化	结构的强度减弱、电缆损坏、蜡变硬和橡皮发裂 轴承和开关等产生“黏滞”现象 活动部分被卡住，插头、插座和开关等接触不良 铝电解电容损坏，石英晶体不振荡，蓄电池容量降低，继电器接点烧结 气密设备的泄漏率大
高低温变化	剧烈的膨胀与收缩产生内应力，交替的凝露、冻结与烘烤	加速元件和材料的机械损伤和电性能变化
高湿	水蒸气沉积 吸收水分 金属腐蚀 化学性质变化 水在半密封设备中凝聚	绝缘电阻降低，“导电小路”的飞弧出现，介电常数增大，介质损耗增大 某些塑料零件隆起和变形，电性能变化，结构破坏 结构强度减弱，活动部分被卡住，表面电阻增大，电接触不良，其他元件材料受到腐蚀物的沾污 材料发生溶解和变化 上列故障均可能发生
干燥		木材、皮革和纤维织物之类的材料变干而发脆
湿热交替变化	材料毛细管的“呼吸作用”	加速材料的吸潮和腐蚀过程
高气压	气密设备中的应力	结构损坏，泄漏
低气压	空气抗电强度降低 空气介电常数减小 气密设备中的应力增大 散热困难 冷焊	容易产生击穿，高压点的飞弧、电晕现象增加 元、器件电参数发生变化 密封外壳变形，焊缝开裂，结构损坏和泄漏 设备温度升高 机械动作困难
盐雾	金属腐蚀 绝缘材料电阻下降	对含氧量高和具有相互接触的不相同金属腐蚀尤为严重，结构强度减弱 产生凹点，表面电阻和抗电强度降低
大气污染	金属腐蚀 化学性质的变化	某些塑料膨胀，介质损耗增大
霉菌	霉菌吞噬和繁殖 吸附水分 分泌酶	所有有机材料和部分无机材料强度降低，甚至损坏，活动部分被阻塞 元件、材料表面绝缘电阻降低，介质损耗增大 金属腐蚀
灰尘和砂	进入活动部分 静电荷增大 吸附水分	轴承、开关、电位器和继电器和接触器等损坏，接触不良，产生电噪声 降低元件和材料的绝缘性能
日光	设备过热 光化效应	元件损坏和着火 有机材料加速老化和分解，油漆褪色和剥落，软橡皮发硬开裂，抗张强度降低
大风	对户外设备结构产生应力	结构损坏

环境因素造成的设备故障和失效可分为两类：① 功能故障指设备的各种功能出现不利的变化，如受环境条件的影响，功能不能正常发挥；但一旦外界因素消失，功能仍能恢复。② 永久性损坏，如机械损坏等。